



## Værktøj til vurdering af LAR-potentiale

**Lerer, Sara Maria; Vester, Martin A.; Sørup, Hjalte Jomo Danielsen; Arnbjerg-Nielsen, Karsten; Mikkelsen, Peter Steen**

*Published in:*  
Vand & Jord

*Publication date:*  
2015

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Lerer, S. M., Vester, M. A., Sørup, H. J. D., Arnbjerg-Nielsen, K., & Mikkelsen, P. S. (2015). Værktøj til vurdering af LAR-potentiale. *Vand & Jord*, 22(4), 127-130.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Værktøj til vurdering af LAR-potentiale

”LAR-potentiale” er et nyt værktøj, der kan bruges til at vurdere hydrologiske effekter af mulige LAR-løsninger, især i eksisterende byområder. Værktøjet er designet til at understøtte beslutninger i den indledende fase af LAR projekter, hvor der er mange faggrupper, organisationer og borgere involveret. Derfor er værktøjet enkelt og hurtigt at bruge, og resultaterne er nemme at kommunikere.

SARA MARIA LERER, MARTIN

ABRAHAMSEN VESTER, HJALTE JOMO  
DANIELSEN SØRUP, KARSTEN ARNBJERG-  
NIELSEN & PETER STEEN MIKKELSEN

## Hvad vil vi med LAR?

LAR er på alles læber og nævnes ofte i forbindelse med klimatilpasning. Nogle mener at faskiner og grønne tage er løsningen på fremtidens skybrud, andre er mere skeptiske. Begrebet LAR dækker over mange forskellige teknologier, og terminologien på området kan være forvirrende (Boks 1 og /1/). Når kommuner og arkitekter interesserer sig for LAR, har de ofte øje for de rekreative værdier LAR kan tilføje til byrummet, såvel som deres evne til at øge biodiversitet, æstetik mm. Når forsyningsselskaber interesserer sig for LAR skal de derimod fokusere på de servicemål og miljøbeskyttelsesmål, som de er forpligtet til. I forbindelse med skybrudsplanlægning er der mest fokus på at skabe plads til at vandet kan løbe eller magasineres på overfladerne uden at gøre skade. Det fascinerende ved LAR er at det har potentiale for at levere mange værdier på én gang, men for at udnytte det potentiale er det vigtigt at de forskellige aktører taler sammen.

## Behovet for et nyt værktøj

LAR-projekter udføres ofte i forskellige faser, se (Boks 2 og /2/). Danmark har en stærk tradition for at benytte detaljerede hydrauliske

og hydrologiske modeller i vandplanlægningen. Disse er dog for komplicerede at bruge i opstarten af LAR projekter, hvor der er brug for at kunne arbejde hurtigt og skitse-mæssigt, og hvor samarbejde og kommunikation er i højsædet snarere end beregningernes nøjagtighed.

Vi har gennemgået den internationale litteratur og fundet, at de fleste LAR-modeller og beslutningsværktøjer er ofte tilpasset den lokale kontekst så snævert, at de er vanskelige at anvende i en dansk sammenhæng /3/. I Danmark er der udviklet et regneark, der kan bruges til dimensionering af nedslivningselementer /4/. Men der er også brug for et nyt værktøj, som kan understøtte overordnede beslutninger om mål og midler i den indledende fase af LAR projekter, før den nøjagtige dimensionering er relevant. Værktøjet skal kunne kvantificere potentialerne ved LAR i forhold til indikatorer der er anerkendte i Danmark. Samtidig skal værktøjet være enkelt at forstå samt nemt at bruge, og det skal kom-

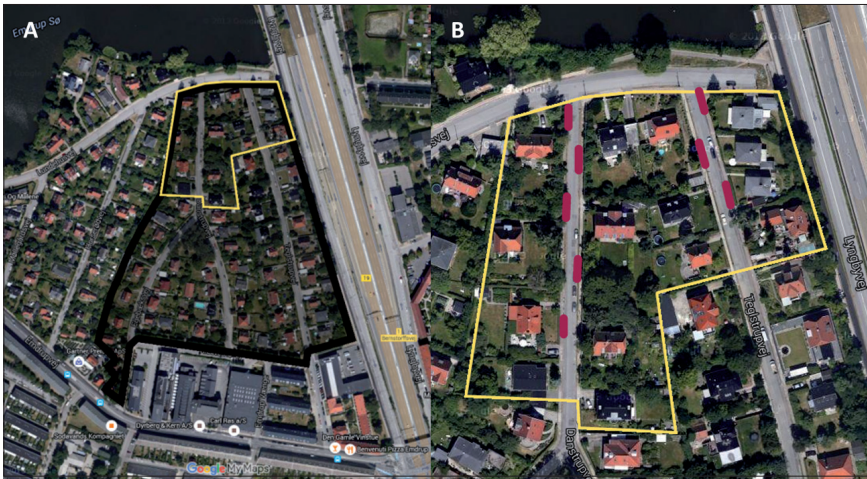
munikere i et sprog som kan forstås på tværs af faggrænser.

## Trepunktsmetoden

Vi har ladet os inspirere af ”Trepunktsmetoden”, som er forklaret i Boks 3. I nærværende fortolkning går den ud på at skabe forbindelse mellem afløbsingeniørernes måde at tænke på, og de mange andre fagdiscipliner og organisationer, som påvirker beslutninger om regnvandshåndtering. Udgangspunktet er, at beslutninger om regnvandshåndtering tages i tre overordnede men traditionelt adskilte domæner, hhv. hverdagsdomænet, designdomænet og ekstremdomænet. Det har vist sig, at aktører med forskellige udgangspunkter genkender disse tre domæner fra virkeligheden, og at når man organiserer en proces med dette for øje, så kommer snakken derfor hele vejen rundt om de fleste ting der betyder noget på tværs af faggrupper/5/. I nærværende projekt har vi udviklet videre på metoden ved at kvantificere domænerne karakteristiske

### Boks 1: Hvad er LAR?

LAR stod oprindeligt for Lokal Afledning af Regnvand, men er i senere år også blevet defineret som Lokal Anvendelse af Regnvand og LAndskabsbaseret Regnvandshåndtering. Udviklingen af begrebet går i retning af en tilgang, der prøver at flytte fokus over på regnvandet som en ressource der kan udnyttes lokalt frem for kun at se regnvandet som en gene, der skal føres bort så hurtigt som muligt. Begrebet bruges som paraply over en lang række forskelligartede teknologier, fra de helt små, som f.eks. regnbæde i haven, til de lidt større, som f.eks. en skaterpark der lejlighedsvis anvendes som forsinkelsesbassin. På engelsk findes lignende begreber i forskellige lande: i Storbritannien hedder det SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems), i USA refereres det bl.a. som LID (Low Impact Development) og i Australien taler man om WSUD (Water Sensitive Urban Design) /1/.



Figur 1: Ny Ryvang Villakvarters Vejlaug: I A markerer den sorte polygon grundejerforeningens samlede areal; i B fokuseres på den nordlige del af området, markeret med gul polygon markerer et sammenhængende vandopland, pink pletter viser mulige placeringer af regnbede. Genereret i Google Maps.

hyppigheder og regndybder i en dansk sammenhæng, samt deres betydning for vandbalancen på årsbasis /6/.

### Valg af indikatorer

Vi har udvalgt to nøgleeffekter til at formidle et LAR-anlægs evne til at håndtere regnvand:

1. Hvor meget vand kan anlægget håndtere på hændelsesniveau og hvilken gentagelsesperiode svarer det til?
2. Hvordan påvirker anlægget områdets årlige vandbalance?

Den første og mest direkte effekt er relateret til funktionskrav og servicemål. Ved at beregne hvor ofte et LAR-system løber over, kan vi direkte sammenligne med figuren fra tre-punktmetoden (Boks 3) og afgøre om systemet kan klare hhv. en hverdagsregn, en designregn eller en ekstremregn.

Vandbalancen kan bruges som en indikator for hvor miljøvenligt anlægget er. Hvis den viser at der opnås en høj grad af nedsvivning og fordampning, vil anlægget bidrage til at genskabe en mere naturlig vandbalance. Hvis anlægget skal implementeres i et område med

fælleskloak kan der også forventes miljømæssige gevinster ift. nedsat brug af energ i spildevandssystemet, og muligvis mindre overløb fra systemet.

### LAR-elementer

Nuværende version af værktøjet tillader brugeren at undersøge effekten af de tre følgende typer LAR-elementer, som kan kombineres i en kæde:

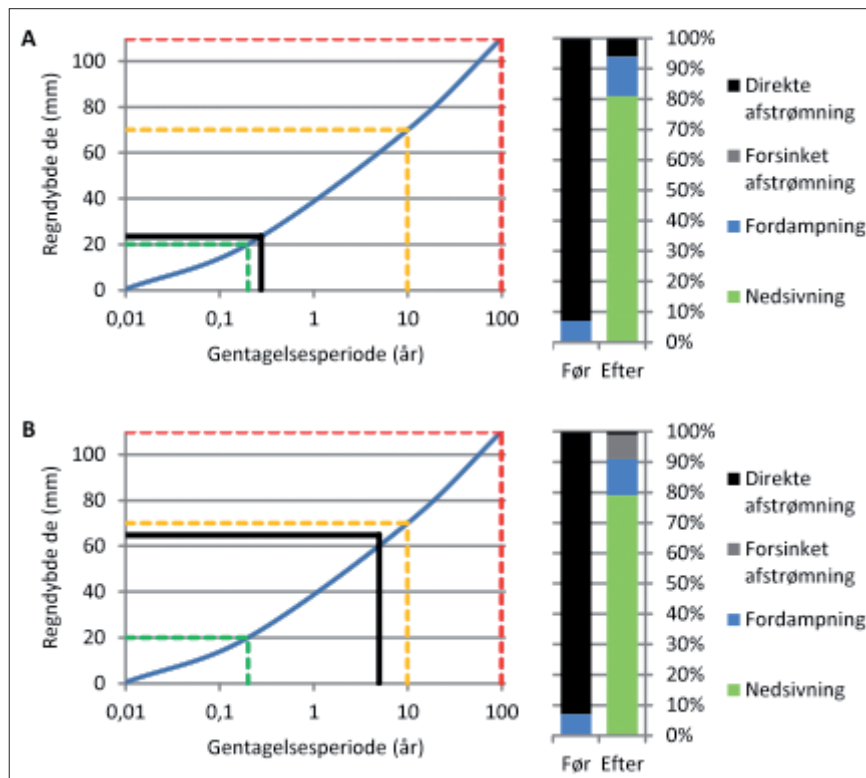
1. Omlægning af tætte overflader til permeable arealer vha. permeable belægninger, græsrabatter og lign.
2. Regnbede, dvs. beplantede fordybninger der samler vand fra oplandet og lader det nedrive. Der kan vælges mellem to typer:
  - a. Et simpelt regnbed hvor nedsvivning sker direkte til den oprindelige jord. Her er den direkte effekt i høj grad afhængig af stedets jordtype.
  - b. Et regnbed suppleret med faskine og dræn, hvor vandet i den beplantede fordybning først siver gennem en speciel filtermuld til en faskine, og derfra enten siver videre ned til den oprindelige jord, eller bliver drænet væk hvis det overstiger en vis vandhøjde i faskinen. Her er bedets effekt mindre afhængig af jordens hydrauliske nedsvivningsevne, da faskinen og drænledningen tilføjer en forsinkelsesfunktion.
3. Forsinkelselementer, udformet som befæstede eller græsbelægnede fordybninger i terrænet, der kan magasinere vand og lede det videre med forsinkelse.

### Beregningsmetoder

Beregning af effekterne af de forskellige LAR-elementer er udført så simpelt som muligt for at værktøjet kan blive enkelt og hurtigt at anvende. Det kræver nogle grove antagelser og giver nogle grove estimater. Vi mener dog, at den usikkerhed der introduceres grundet de forsimplede beregningsmetoder, ikke er større end den usikkerhed, der stammer fra de begrænsede oplysninger om områdets fysik, som kan forventes i den tidlige projektfase (f.eks. omkring terrænets præcise hældning og jordens nedsvivningsevne).

Den direkte effekt af permeable arealer er fastlagt til at kunne klare al den regn, der falder direkte på arealet. På denne måde får de permeable arealer hovedsagligt en indirekte effekt via de andre LAR-elementer, idet de reducerer det bidragende oplandsareal til disse. Effekten på vandbalancen er fastlagt ud fra værdier fra den videnskabelige litteratur.

Effekterne af regnbede findes via opslag i database med modelsimuleringer af enkeltstående regnbede (udført vha. EPA SWMM



Figur 2: Illustration af de estimerede kerneeffekter ved to forskellige scenarier. A viser resultater for scenarie 1 (simple regnbede), og B viser resultater for scenarie 2 (opgraderede regnbede).

LID). I simuleringerne blev to inputparametre varieret: jordens hydrauliske ledningsevne og forholdet mellem oplandets reducerede areal og regnbedets areal.

Den direkte effekt af et forsinkelseselement udregnes ved at dividere elementets volumen med dets oplandsareal. Vandbalancen påvirkningen findes via opslag i tabel over den korresponderende regndybdes andel af årsnedbøren.

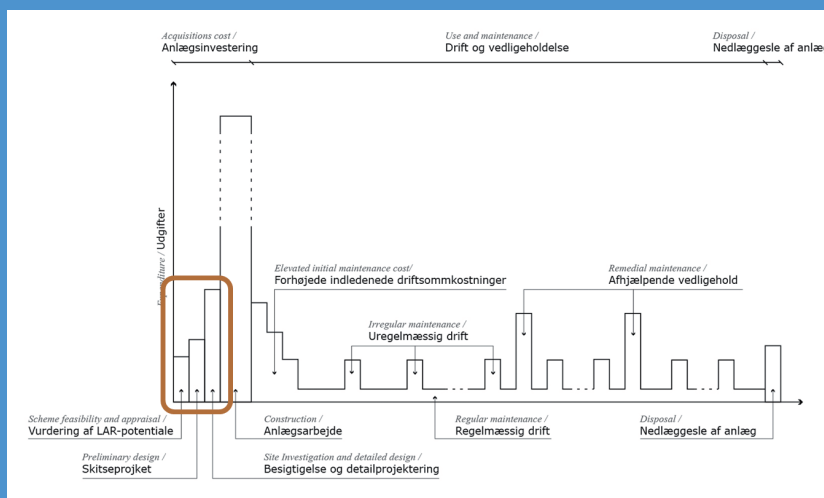
### Eksempel på anvendelse

Ny Ryvang Villakvarter ligger i det nordlige København (se figur 1A). Villakvarterets vejlaug har sparet sammen til en omfattende renovering af vejene og ønsker at udnytte lejligheden til at give kvarteret et løft hvad angår æstetik, mødesteder og klimatilpasning. Bestyrelsen har henvendt sig til HOFOR (Hovedstadens Forsyningselskab) for at drøfte muligheder for medfinansiering af udgifterne til klimatilpasning af afløbssystemet.

HOFOR valgte at bruge LAR-potentiale værktøjet til at få et overblik over de effekter,

### Boks 2: Procesmodel for LAR-projekter

Figuren kommer fra Vand i Byer innovationsprojekt IP14: "Økonomi i LAR – anlæg og drift" /2/ og illustrerer udgiftsprofilen over hele levetiden af et LAR-anlæg. Den orange firkant fremhæver planlægningsdelen, som er inddelt i tre faser, hvoraf LAR-Potentiale værktøjet kan støtte de første to faser.



### Boks 3: Trepunktsmetoden

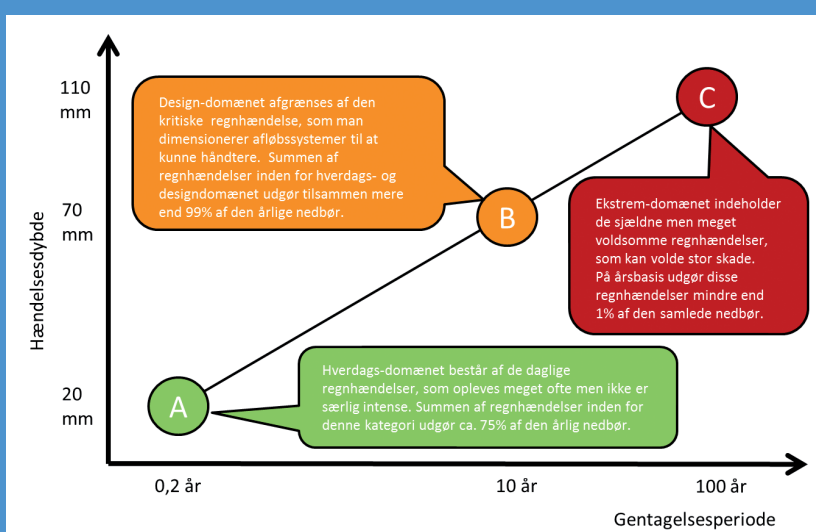
Trepunktsmetoden er en måde at strukturere kommunikation om håndtering regnvand. Regnvand er et interesseområde, som ofte går på tværs af veletablerede regler, fagdiscipliner og ansvarsområder. Tankesættet bag metoden går på at anerkende både den funktionelle og relationelle kompleksitet ved at definere tre overordnede, traditionelt adskilte, domæner hvor beslutninger om regnvandshåndtering tages /5/:

A. Hverdagsdomænet dækker over de hyppige og relativt små regnhændelser som karakteriserer hverdagen i Danmark – de er lidt irriterende hvis man bliver våd på vej hjem på cykel, men de giver ikke anledning til reelle problemer. Det er denne type hændelser der let kan håndteres lokalt, og som er en vigtig ressource for planteliv og dyreliv. Folk der arbejder med denne type regn er ofte arkitekter og lægmænd.

B. Designdomænet begrænses opad af en meget velstuderet regnhændelse – den der forventes at gentage sig hvert 5. eller 10. år. Dette skyldes at disse gentagelsesperioder er defineret som funktionskrav i Danmark for henholdsvis separate og fælles kloaksystemer /7/. Sådant en regnhændelse kaldes også en dimensionsgivende regn, og har i mange år været altbetydende for ingeniører og sagsbehandlere der designer og vurderer afløbssystemer.

C. Ekstremdomænet indeholder alle de regnhændelser der er større end den dimensionsgivende regn, og som dermed normalt ikke kan rummes i et afløbssystem. Det er for dyrt at designe afløbssystemer til at håndtere så store regn. Til gengæld er det en god idé at forme landskabet sådan, at vandet under skybrud strømmer på en måde, så det gør mindst mulig skade. Ansvar for håndtering af denne type regn ligger hos byplanlæggere.

Regnhændelser af meget forskellig størrelse og hyppighed karakteriserer disse tre domæner, hvilket er illustreret ved punkt A, B og C i figuren nedenfor /6/. I en dansk sammenhæng optræder en hverdagsregn på 20 mm 5 gange om året, mens en designregn på 70 mm optræder hvert tiende år, og en ekstremregn på 110 mm optræder én gang hvert 100 år. Samtidig er det vigtigt at understrege, at de små hændelser faktisk udgør den største del af årsnedbøren. Et LAR-element designet for hverdagsregn (punkt A) håndterer 75 % af årsnedbøren; et traditionelt afløbssystem dimensioneret for en designregn (punkt B) håndterer 99 % af årsnedbøren; og en skybrudsvej, der kun træder i kraft under ekstremregn (punkt C), håndterer i det lange løb kun 1 % af årsnedbøren.





der kan forventes ved de forskellige scenarier som beboerne ser for sig. Resultaterne bruges til at drøfte fordele og ulemper ved forskellige løsningsmuligheder sammen med beboerne, og til at håndtere den interessekonflikt der opstår mellem borgernes ønsker om vejareal, p-pladser og fortov og forsyningens ønske om at håndtere så meget vand som muligt med LAR.

Vi vil her fremhæve resultaterne for to scenarier, der begge inddrager samme mængde vejareal til implementering af regnbede, hhv. simple regnbede (scenarie 1) og opgraderede regnbede med faskine (scenarie 2). En realistisk fordeling af regnbede i oplandet, som danner grundlag for input til værktøjet, ses i Figur 1B. I begge scenarier antages at jordens nedsvivningsevne i området er ca.  $10^6$  m/s.

Den forventede effekt af simple regnbede ses i den øverste del af Figur 2. Til venstre ses at regnbedene vil løbe over ca. 3 gange om året, og der kan forventes et tilgængeligt volumen i regnbedene svarende til ca. 23 mm regn. Til højre ses, at på årsbasis vil lidt over 80 % af regnvandet nedsive lokalt, ca. 13 % vil fordampe og ca. 6 % vil løbe i kloakken. Da regnbedene stadig vil løbe over oftere end hver 10. år, vil området forsat bidrage til den kritiske spidsbelastning af kloakledningerne. Ud fra et bæredygtighedsperspektiv er der dog væsentlige fordele ved at så lille en andel af årsnedbøren ender i kloakken, både ved det nuværende fællessystem og ved en fremtidig implementering af skybrudsplanen for dette område.

Den forventede effekt af regnbede med faskiner er noget større end for de simple regnbede, som det ses af den nederste del af Figur 2: gentagelsesperioden for overløb er oppe på 5 år, svarende til at der med stor sandsynlighed altid er plads til mindst 65 mm regn i LAR-anlæggene. På årsbasis er effekterne overvejende uændrede, men de ca. 6 % der før løb direkte i kloakken vil nu løbe til kloak med forsinkelse. Det betyder at regnbenedene nu også aflaster det eksisterende kloaksystem under spidsbelastning.

Ved lavere nedsvivningsevne i jorden vil de opgraderede regnbede generelt have en bedre direkte effekt end de simple regnbede, hvilket peger på at de udgør en mere robust løsning.

## Videre arbejde

LAR-Potentiale værktøjet er i sin nuværende udformning et simpelt Excel-ark, hvor brugeren indtaster data estimeret fra et eksternt kortgrundlag. Planen er at udvikle et interface, der tillader brugeren at tegne sine løsninger direkte i et interaktivt kort og få resultaterne præsenteret i samme vindue. Næste version af værktøjet vil også gøre det muligt at regne på flere typer LAR-elementer. Vi overvejer også at tilføje yderligere effekter, som f.eks. økonomi ved de forskellige løsninger. Vi vil desuden underkaste værktøjet en grundig usikkerhedsanalyse, så det bliver klart hvor meget usikkerhed der stammer fra værktøjets simplificeringer, hvor meget der stammer fra ukendte variable (såsom jordens nedsvivningsevne), og hvordan disse usikkerheder bedst håndteres i designprocessen.

## Referencer:

- /1/ Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P.S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M. 2015. "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage". *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542. <http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>.
- /2/ Andersen, Jonas Smit. 2014. Notat om udviklingen af LARøkonomi – En Excel-plattform til registrering af anlægs- og driftsudgifter i LAR-projekter. Vand i Byer innovationsprojekt IP14: "Økonomi i LAR – anlæg og drift". Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet samt Rørcentret, Teknologisk Institut.
- /3/ Lerer, S.M., Arnbjerg-Nielsen, K. & Mikkelsen, P.S. (2015): A mapping of tools for informing Water Sensitive Urban Design planning decisions – questions, aspects and context sensitivity. *Water*, 7(3), 993-1012. <http://dx.doi.org/10.3390/w7030993>.
- /4/ Aabling, Thomas, Søren Gabriel, and Karsten Arnbjerg-Nielsen. 2011. "Dimensionering af LAR-Anlæg." IDA Spildevandskomiteen.
- /5/ Fratini, C F, Govert D Geldof, J. Kluck, and Peter Steen Mikkelsen. 2012. "Three Points Approach (3PA) for Urban Flood Risk Management: A Tool to Support Climate Change Adaptation through Transdisciplinarity and Multifunctionality." *Urban Water Journal* 9 (5): 317–31. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2012.442>.
- /6/ Sørup, Hjalte Jomo Danielsen, Sara Maria Lerer, Karsten Arnbjerg-Nielsen, Peter Steen Mikkelsen and Martin Rygaard. "Efficiency of Stormwater Control Measures: How the Three Points Approach (3PA) Can Guide the Interpretation of Strategic Management Approaches for Rainwater Harvesting, Stormwater Drainage and Flood Risk Management." Manuscript.
- /7/ Harremoës, Poul, Claus Møller Pedersen, Anne Laustesen, Sonia Sørensen, Bo Laden, Kristian Friis, Helle Katrine Andersen, Jens Jørgen Linde, Peter Steen Mikkelsen, and Carsten Jakobsen. 2005. "Skrift 27 - Funktionspraksis for Afløbssystemer under Regn." IDA Spildevandskomiteen.

SARA MARIA LERER (smrl@env.dtu.dk) er PhD-studerende ved DTU Miljø, med fokus på udvikling af metoder og redskaber til at støtte beslutninger om implementering af LAR. Sara har tidligere arbejdet som planlægger ved HOFOR og som rådgiver og udvikler ved DHI.

MARTIN A. VESTER (mvves@hofor.dk) er Planlægger ved HOFOR (Hovedstadsrådets Forsyningsselskab) og arbejder med skybruds- og LAR-løsninger på tværs af kommuner, både på offentlig og privat grund. Martin har særlig fokus på udvikling og implementering af LAR-løsninger.

HJALTE JOMO DANIELSEN SØRUP (hjds@env.dtu.dk) er adjunkt ved DTU miljø og tilknyttet DTU Global Decision Support Initiative med et forskningsfokus på beslutningsstøtte der integrerer risikoanalyse og bæredygtighed.

KARSTEN ARNBJERG-NIELSEN (karn@env.dtu.dk) er professor på DTU Miljø og har som led i arbejdet med risikobaseret dimensionering arbejdet med samspillet mellem LAR elementer og det traditionelle kloaksystem, herunder at udarbejde regneark til dimensionering af LAR-elementer.

PETER STEEN MIKKELSEN er professor ved DTU Miljø og var med til at udarbejde de første dansksprogede vejledninger om LAR i 1990'erne. Peter har de seneste år bl.a. arbejdet med forenklinger, som er nødvendige når tekniske fakta skal kommunikeres på tværs af fagdiscipliner i forbindelse med klimatilpasning.

Projektet er udført i et samarbejde mellem HOFOR, Aarhus Vand og DTU, og blev støttet med en bevilling fra Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond (VTUF).